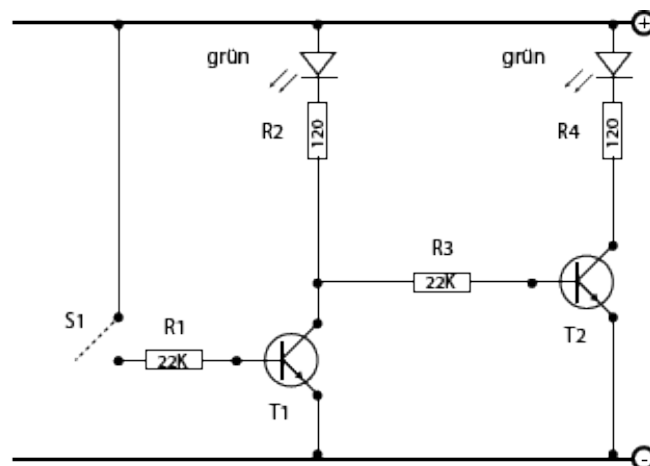


Herleitung der Flip-Flop-Schaltung

Zum Lesen und Verstehen

In diesem Dokument soll Schritt für Schritt erklärt werden, wie es zu dem Phänomen der Flip-Flop-Schaltung bzw. des Wechselblickers kommt. Dies wird anhand mehrerer Versuche erfolgen. Wichtig ist, dass Sie - bevor Sie den Artikel lesen - ein Verständnis über die verschiedenen Bauteile haben, da sie die Versuche sonst nicht verstehen.

Versuch 1: Stromklau



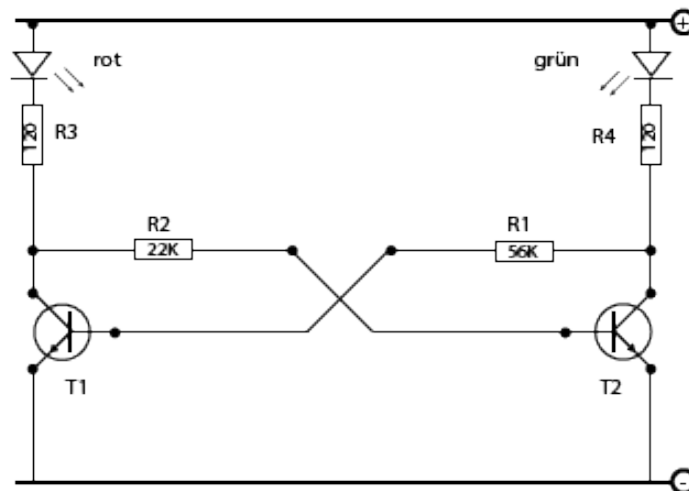
Ablauf:

Zu Beginn ist der Schalter geöffnet. Wird an die Schaltung Spannung angelegt, leuchtet die grüne LED auf. Sobald der Schalter S1 betätigt wird, erlischt die grüne LED, dafür leuchtet nun die rote. Warum?

Erklärung:

Da zu Beginn der Schalter geöffnet ist, die Basis von T1 über R1 nicht an die Spannungsquelle angeschlossen, man sagt auch R1 bzw. die Basis von T1 „hängt in der Luft“. Dadurch sperrt T1. Der Strom kann aber über die grüne LED, R2 und R3 an die Basis von T2 fließen. Somit wird T2 leitend und gibt den Strom für die rote LED frei. Auch wenn der Strom für die Basis für T2 über die grüne LED fließt, leuchtet sie nicht, da die Spannung durch R2 sehr klein ist. Wird nun der Schalter geschlossen, wird T1 ebenfalls leitend. Da ein Transistor nur einen sehr kleinen Widerstand hat, fließt der Strom nun durch T1. Die Folge ist, dass die grüne LED nun leuchtet, T1 der Basis von T2 den Strom klaut und somit T2 sperrt und die rote LED erlischt.

Versuch 2: Der Bessere gewinnt



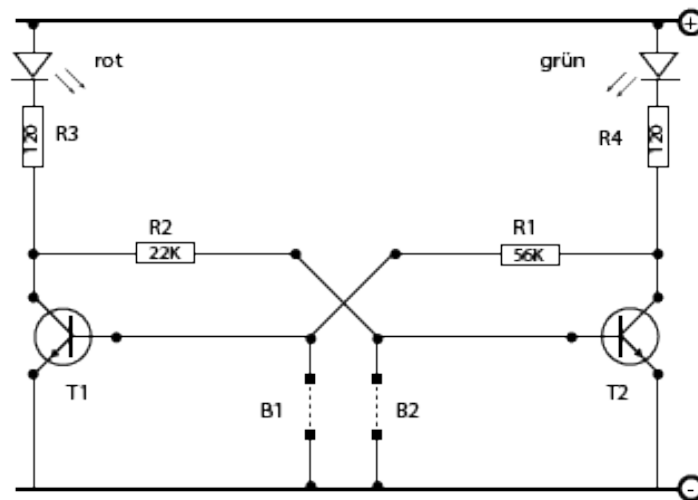
Ablauf:

Wird an die Schaltung Spannung angelegt, leuchtet die grüne LED auf. Egal wie oft wir die Spannungsquelle aus und wieder einschalten, es leuchtet immer die grüne LED! Warum?

Erklärung:

Am besten betrachtet man die Schaltung zu Beginn des Einschaltens. Am Anfang sperren beide Transistoren, da die Basen ohne Spannungsquelle keinen Strom bekommen. Wird nun die Spannungsquelle angeschlossen, kann Strom über die rote LED, R3 und R2 zur Basis von T2 fließen und zum anderen kann Strom über die grüne LED, R4 und R1 zur Basis von T1 fließen. Die Spannung reicht auch hier zu Beginn nicht aus, um die LEDs zum Leuchten zu bringen. Allerdings reicht der Strom aus, damit die beiden Transistoren ein bisschen leitend werden. Beide Seiten scheinen identisch, sind es aber nicht! Denn R1 ist wesentlich größer als R2. Dadurch fließt mehr Strom zur Basis von T2, dieser wird eher leitend und klaut damit T1 den Strom.

Versuch 3: Bistabile Kippstufe



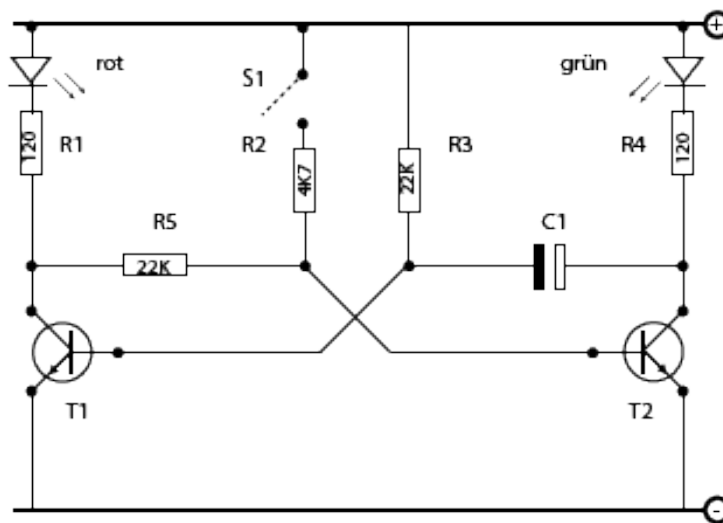
Ablauf:

B1 und B2 stellen zwei „Brücken“ dar, für die man einfach ein Stück Draht nehmen kann. Diese Brücken sind zu Beginn geöffnet. Wird nun Spannung angelegt, an die Schaltung, leuchtet nur die grüne LED, niemals die rote. Erst wenn man die Brücke B2 mit einem Draht schließt, leuchtet die rote LED auf und die grüne erlischt. Auch nach entfernen der Brücke leuchtet die rote weiter und die grüne bleibt dunkel. Dies kann nur durch schließen der anderen Brücke wieder umgekehrt werden. Warum?

Erklärung:

Da die Brücken zu Beginn offen sind, ist die Schaltung mit der aus Versuch 2 identisch, d.h., dass sie sich auch gleich verhält. Also es gewinnt der bessere. Somit klagt erst mal T2 T1 den Basisstrom. Dieser Zustand bleibt ohne Einwirkung von außen stabil. Schließt man nun die B2, verursacht man praktisch einen Kurzschluss (allerdings hindern die Widerstände den Strom unbegrenzt zu fließen) und man klagt T2 den Basisstrom, da dieser dann nach "-" fließt. Dadurch sperrt T2, klagt nicht mehr den Basisstrom von T1 und T1 wird leitend. Da nun T1 leitet, klagt er seinerseits T2 den Basisstrom, somit bleibt dieser Zustand ebenfalls stabil. Weshalb man von einer bistabilen (bi = 2) Kippstufe spricht. Mit der anderen Brücke kann man den Zustand nun wieder umkehren. Die Schaltung hat praktisch ein Gedächtnis und merkt sich seinen Zustand.

Versuch 4: Monostabile Kippstufe



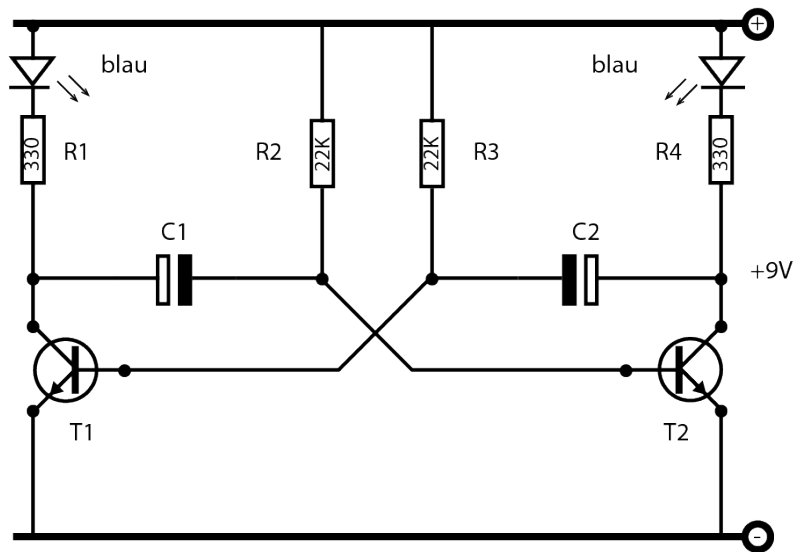
Ablauf:

Zu Beginn ist der Schalter geöffnet und der Elko entladen. Wird nun Spannung an die Schaltung angelegt, leuchtet die grüne LED ganz kurz auf und wird wieder dunkel. Warum? Danach leuchtet die rote LED auf und bleibt hell. Daran ändert sich von alleine nichts. Warum? Wird der Schalter S1 kurz geschlossen, wird die rote LED dunkel und die grüne leuchtet auf. Nach kurzer Zeit wird die grüne wieder dunkel und die rote leuchtet erneut auf. Warum?

Erklärung:

Zu Beginn sperren beide Transistoren. Theoretisch könnte T2 über R1 und R5 Strom für seine Basis erhalten, aber T1 ist direkt über R3 verbunden und somit leitet er eher. Also auch hier gewinnt der bessere. Dadurch, dass T1 leitet, kann die rote LED leuchten, außerdem sperrt so T2 und der Elko C1 kann von "+" über die grüne LED und R4 nach "-" über die Basis von T1 geladen werden, dadurch leuchtet kurz die grüne LED, bis C1 voll ist. Wird nun der Schalter S1 geschlossen, erhält T2 seinen Strom für seine Basis direkt über R2 und wird somit leitend. Komisch obwohl T2 T1 nicht den Basisstrom klaut geht die rote LED aus. Das liegt dieses Mal an dem Elko. Dieser kann sich nämlich nun über den Kollektor von T2 entladen. Wenn auf der einen Seite etwas raus fließt, muss auf der anderen auch etwas reinfließen. In diesem Fall von "+" über R3 nach C1. Damit klaut C1 T1 den Basisstrom. Sobald C1 leer ist wird der Basisstrom von T1 nicht mehr geklaut und da S1 wieder geöffnet ist, ist T1 wieder der bessere, wird leitend und klaut erneut T2 den Basisstrom, d.h. nur der Zustand der roten LED ist stabil, daher nennt man diese Schaltung auch monostabile (mono = 1) Kippstufe.

Versuch 5: Flip-Flop



Ablauf:

Wird die Spannung angelegt, fangen die beiden LEDs abwechselnd an zu leuchten. Warum?

Erklärung:

Zu Beginn sind die Kondensatoren entladen und die beiden Transistoren sperren. Theoretisch könnten beide über R2 bzw. R3 Strom für ihre Basis erhalten. Nun ist es so, dass Widerstände eine Ungenauigkeit besitzen. Gehen wir davon aus, dass R2 einen etwas geringeren Widerstandswert wie R3 hat. Damit kann T2 durchsteuern. Somit kann sich C2 über den Kollektor von T2 entladen und über R3 umgekehrt wieder aufladen. Außerdem kann sich C1 über R1 aufladen, da seine negative Seite über die Basis von T2 an minus angeschlossen ist. Ist C2 auf 0,7 V aufgeladen, kann T1 durchsteuern. Somit wird die positiv geladene Seite von C1 auf 0V gezogen und es gibt einen Negativ-Impuls an der Basis von T2, da ein Gleichstrom anfangs für einen Kondensator wie ein Kurzschluss ist. Dadurch sperrt T2 und alles beginnt spiegelverkehrt.